

## О СОВПАДЕНИИ КРИВОЙ ТЕЧЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ РЕЗАНИЯ И СЖАТИЯ

В. А. ГОВОРУХИН, Г. Л. КУФАРЕВ

(Представлена объединенным научным семинаром кафедр станков и резания металлов  
и технологии машиностроения)

Единство кривой течения при резании (плоская деформация) и сжатии (объемное напряженно-деформированное состояние) существенно упрощает определение напряжений и сил резания по статическим испытаниям обрабатываемого материала.

Установившегося, вполне определенного мнения о единстве кривой течения при резании и сжатии нет. Часть исследователей полагает, что единая связь между напряжениями и деформациями отсутствует.

Так, проф. Н. Н. Зорев [1] определяет касательные напряжения при резании по формуле:

$$\tau_p = A \cdot \varepsilon^m \text{ при } \varepsilon = 2,5,$$

где

$\varepsilon$  — относительный сдвиг при резании;

$m$  — коэффициент упрочнения материала при сжатии;

$A$  — касательное напряжение при сжатии, при  $\varepsilon = 1$ .

Таким образом, он считает напряжения при резании не зависящими от степени деформации.

Проф. А. М. Розенберг [2], положив в основу вывода гипотезу о равенстве удельных работ при эквивалентных деформациях в процессах резания и сжатия, приходит к следующему выражению для касательного напряжения при резании

$$\tau_p = \frac{B \cdot \varepsilon^c}{1,5(c+1)}$$

В этом уравнении  $B$  и  $c$  — постоянные, определяемые опытом сжатия.  $B$  — напряжение  $\sigma$ , получаемое при  $\varepsilon = 1$ ;

$c$  — тангенс угла наклона между прямой  $\lg(\sigma) = f(\lg \varepsilon)$  и положительным направлением оси  $\lg \varepsilon$ . Принимая во внимание, что для сжатия  $\sigma_i = B \cdot \varepsilon^c$ ; а также  $\tau_{\max} = \frac{\sigma_i}{2}$ , где  $\sigma_i$  — интенсивность напряжений, получим

$$\tau_p = \frac{2\sigma}{1,5(c+1)}$$

Таким образом, касательные напряжения при резании и сжатии будут равны лишь в частном случае, когда коэффициент упрочнения  $c \approx 0,33$ .

Другие исследователи полагают кривые течения при резании и сжатии совпадающими, но делают это гипотетически.

Для проверки совпадения кривых течения при резании и сжатии авторами были проведены две серии опытов. В первой серии опытов

проверялось совпадение кривых течения при сжатии и резании со скоростью  $V = 40 \text{ мм/мин}$ , когда температурно-скоростной режим можно считать в каждом из этих процессов одинаковым.

В качестве исследуемого материала была принята латунь Л62. Для получения кривой течения при сжатии до  $l_i = 2,5$  была использована методика, изложенная в работе [2]. Она предусматривает последовательную переточку сжимаемого образца для сохранения отношения его диаметра к высоте, а также использование для уменьшения трения на торцах свинцовой фольги с нанесенной на нее коллоидной смесью графита с глицерином. В этих же опытах устанавливалась экспериментальная связь интенсивности напряжений  $\sigma_i$  с твердостью  $H_{200}$ , измерявшейся на приборе ПМТ-3 в различных стадиях деформации образца.

Образец для резания представлял пластину шириной 3 мм. В процессе резания проводилось измерение сил динамометром конструкции ВНИИ. Изменение конечной степени деформации в опытах достигалось изменением переднего угла резца и применением смазки. Для полученных стружек интенсивность деформации рассчитывалась по зависимости

$$e_i = \frac{1}{\sqrt{3}} [\operatorname{ctg} \Phi + \operatorname{tg} (\Phi - \gamma)], \quad (1)$$

где

$\Phi$  — угол, определяющий положение условной плоскости сдвига;  
 $\gamma$  — передний угол резца.

Интенсивность напряжений определялась по формуле

$$\sigma_i = \frac{\tau}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

Касательное напряжение рассчитывалось при этом по замеренным динамометром силам резания и определенной в опыте площади условной плоскости сдвига. Полученные таким путем экспериментальные точки нанесены на кривую течения, полученную при сжатии — сплошная линия (рис. 1). Совпадение экспериментальных результатов при реза-

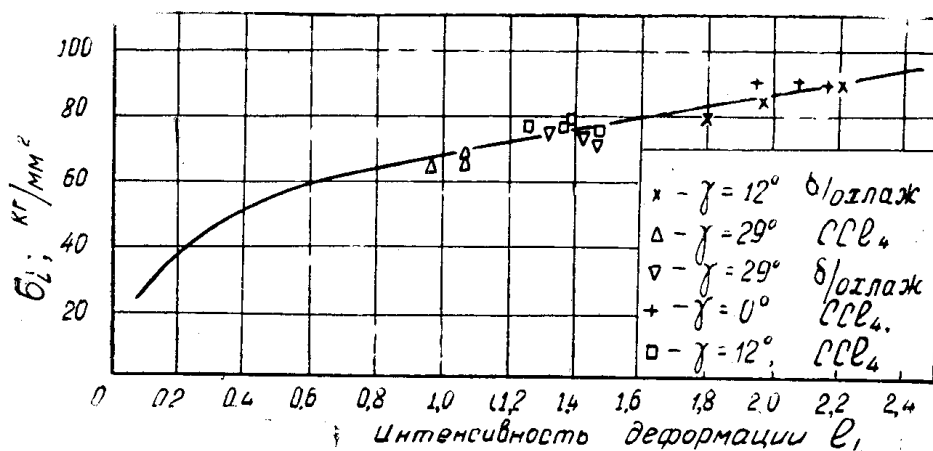


Рис. 1. Связь между интенсивностью напряжений и интенсивностью деформаций в процессах сжатия и резания на микроскорости

нии и сжатии позволяет сделать вывод о том, что в условиях постоянства температурно-скоростного режима существует единая кривая течения.

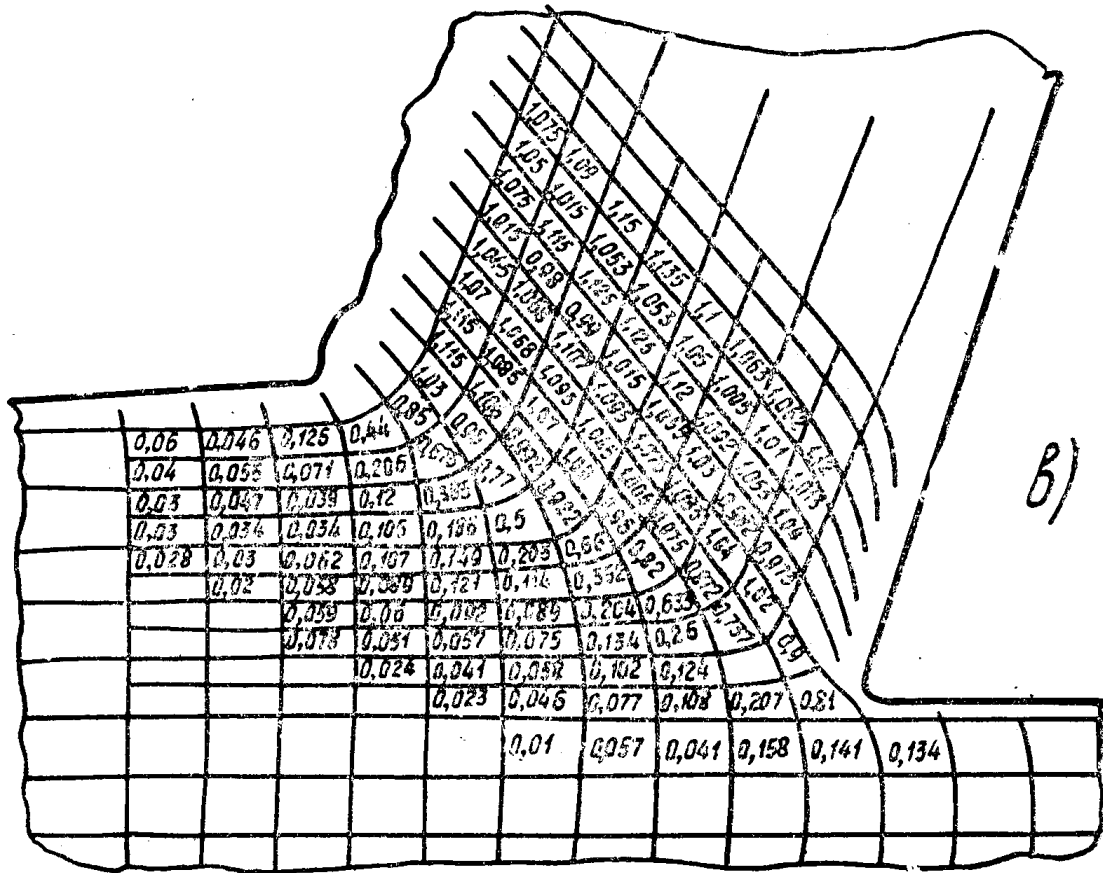
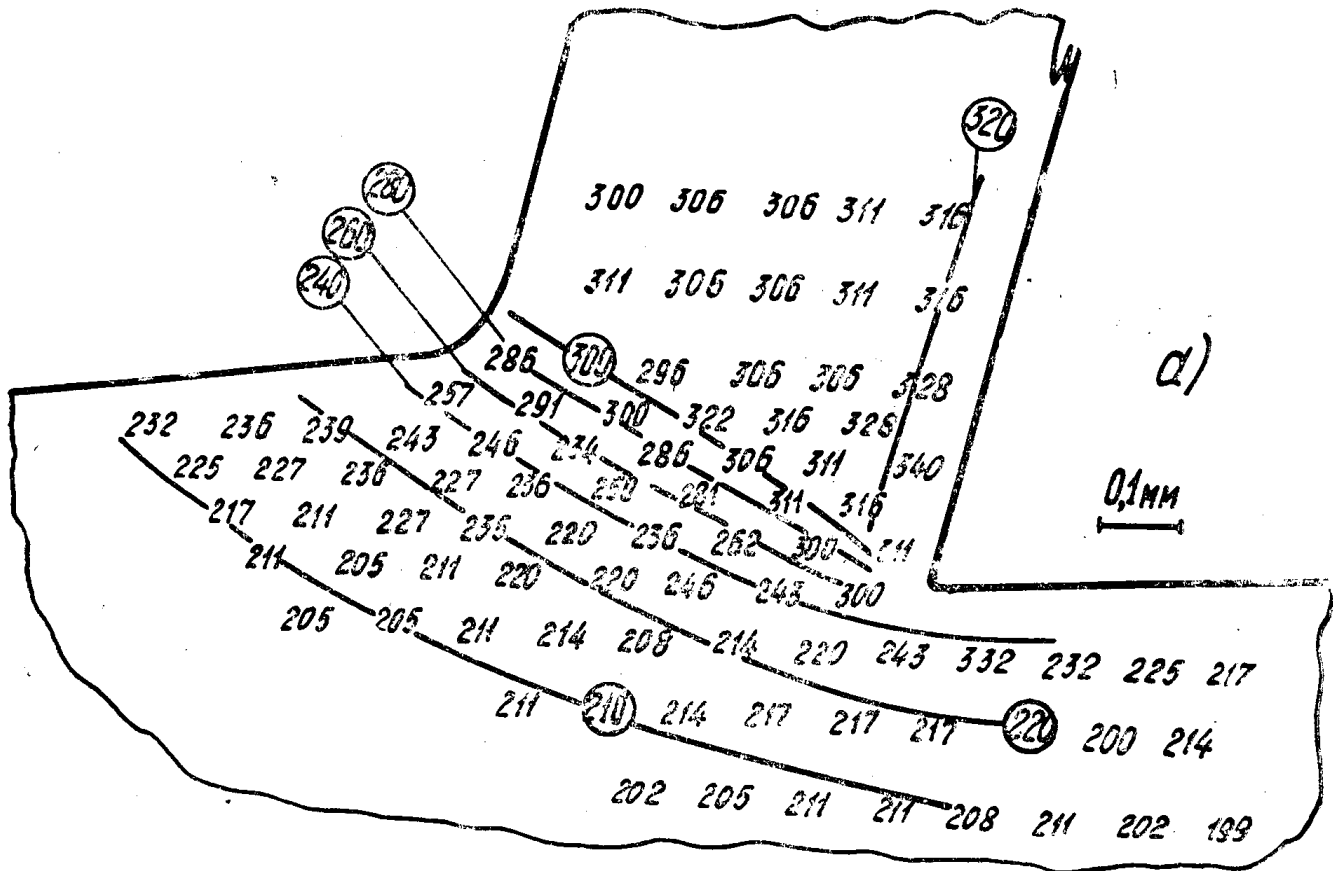


Рис. 2. Распределение микротвердости и интенсивности деформаций в корне стружки (сталь 2×13, V=56,5 м/мин., S=0,31 мм/об., t=6 мм., γ = 17°)

Во второй серии опытов резание двух притертых друг к другу дисков производилось на скоростях от 26 до 150 м/мин с поперечной подачей  $S = 0,31$  мм/об. и передним углом резца  $\gamma = 17^\circ$ . На один из дисков наносилась делительная сетка, образованная концентрическими окружностями с шагом 0,05 мм и радиальными лучами, центральный угол между которыми составлял 5 минут. Для получения корней стружек использовалось приспособление взрывного действия. В качестве обрабатываемого материала была принята сталь 2Х13.

Интенсивность деформации по зоне стружкообразования рассчитывалась по специально разработанной для этого типа координатной сетки методике на ЭЦВМ — «Минск-1». На рис. 2а в качестве примера показано распределение интенсивности деформации для одного из корней ( $V = 56,5$  м/мин).

Поле интенсивности напряжений определялось по распределению значений твердости в зоне стружкообразования (рис. 2в) и полученной в опытах по сжатию связи  $\sigma_i = f(H_{200})$ . При этом считается надежно доказанным, что эта связь не зависит от вида напряженного состояния [3, 4, 5]. Совмещение полей интенсивности деформаций и интенсивности напряжений позволяет определить обе эти характеристики для любой точки пластически деформированной зоны в процессе резания, а значит, и построить кривую течения.

Дополнительные опыты с измерением сил в процессе резания позволили получить зависимость  $\sigma_i - e_i$ , определяя  $e_i$  и  $\sigma_i$  соответственно по формулам (1) и (2).

На рис. 3 сплошной линией изображена кривая течения при сжатии, пунктирной — связь  $\sigma_i - e_i$  при резании с высокими скоростями,

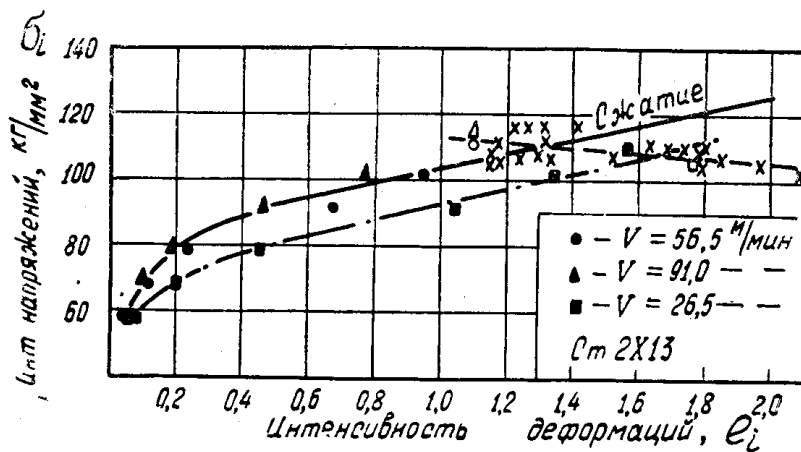


Рис. 2. Связь между интенсивностью напряжений и интенсивностью деформаций в процессах сжатия и резания на высокой скорости

полученная по формулам (1) и (2). Однако кривой течения эту связь назвать нельзя. Многочисленные опыты и, в частности, опыты Н. Н. Зорева [1] говорят о том, что эта связь может быть любой в зависимости от интенсивности влияния в данном конкретном процессе, скорости деформации, увеличивающей напряжения и температуры, которая снижает напряжения. Черные точки на рис. 3 вырисовывают кривые течения для 3-х случаев резания ( $V = 26,5 - 56,5 - 91$  м/мин), полученные совмещением полей интенсивности деформаций и твердости. При этом можно видеть, что кривые течения при резании и сжатии совпадают лишь в частном случае, когда точка конечной деформации

ции при резании располагается на кривой сжатия. Во всех других случаях кривая нарастания напряжений с ростом деформации при резании отличается от таковой при сжатии.

При этом следует представлять, что каждая из точек полученных кривых течения при резании имеет свое, присущее только ей сочетание температуры и скорости деформации. По мере прохождения каждой материальной точки через зону стружкообразования в описываемых опытах скорость деформации сначала нарастала, достигая значений  $\dot{\epsilon}_i = 6000 \frac{1}{\text{сек}}$  (корень № 79), снижаясь затем до нуля, а температура непрерывно увеличивалась.

Таким образом, история деформации каждой материальной точки срезаемого слоя чрезвычайно сложна, т. е. отсутствие совпадения кривой течения при сжатии и связи  $\sigma_i - \epsilon_i$  при резании закономерно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов, Машгиз, 1956.
2. Резание металлов и инструмент, под ред. А. М. Розенберга. Машиностроение, 1964.
3. Л. А. Хворостухин. Расчет сил при скоростном резании на основе физико-механических характеристик металлов. Диссертация, Томск, 1953.
4. А. М. Розенберг, Л. А. Хворостухин. Твердость и напряжение в пластически деформированном теле, ЖТФ, т. XXV, вып. 1, 1955.
5. А. М. Розенберг, А. Н. Еремин. Элементы теории процесса резания металлов, Машгиз, 1956.